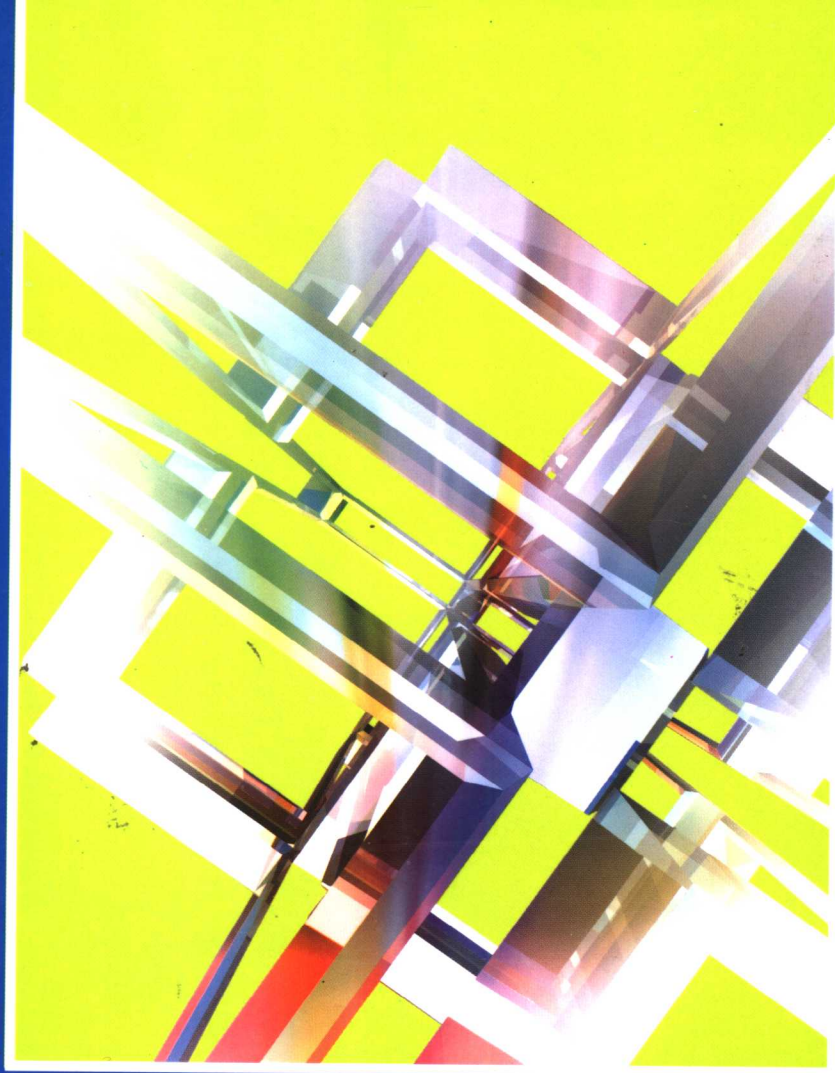




梁志杰
编著

现代表面 镀覆技术

国防工业出版社

<http://www.ndip.cn>

现代表面镀覆技术

梁志杰 编著

内 容 简 介

本书共 11 章,分别为概论、镀覆前表面预处理技术、电刷镀技术、摩擦电喷镀技术、非金属刷镀技术、化学镀技术、纳微米复合镀覆技术、镀覆层的机械加工与后处理、镀覆层性能检测、溶液性能的测定、现代表面镀覆技术的应用。并在附录中给出了相关的图像标准、有关设备的使用说明及维修等。

本书内容新,实用性强。适合从事表面处理的工人、技师、工程师、科研人员阅读,也可供大专院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代表面镀覆技术 / 梁志杰编著. — 北京:国防工业出版社, 2005.1

ISBN 7-118-03735-4

I. 现... II. 梁... III. 电镀-技术 IV. TQ153

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 000313 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

腾飞胶印厂印刷

新华书店经售

开本 787×1092 1/16 印张 35 $\frac{1}{4}$ 824 千字
2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月北京第 1 次印刷

印数:1—4000 册 定价:68.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行传真:(010)68411535

发行邮购:(010)68414474

发行业务:(010)68472764

序

表面工程是提升机械零件、电子电器元件基质材料表面性能的一门交叉、复合、综合性的边缘学科。对于机械零件,表面工程主要用于提高零件表面的耐磨性、耐蚀性、耐热性、抗疲劳强度等力学性能,以保证现代机械在高速、高温、高压、重载以及强腐蚀介质工况下可靠而持续地运行;对于电子电器元件,表面工程主要用于提高元器件表面的电、磁、声、光等特殊物理性能,以保证现代电子产品容量大、传输快、体积小、高转换率、高可靠性;对于机电产品的包装及工艺品,表面工程主要用于提高表面的耐蚀性和美观性,以实现机电产品优异性能、艺术造型与绚丽外表的完美结合;对生物医学材料,表面工程主要用于提高人造骨骼等人体植入物的耐磨性、耐蚀性,尤其是生物相容性,以保证患者的健康并提高生活质量。表面工程中的各项表面技术已广泛应用于国民经济中的各个领域。表面工程是现代制造技术的重要组成部分,是维修与再制造的基本手段。表面工程在节能、节材、优质、高效、环保以及在可持续发展中都发挥着重要作用。专家们预言,表面工程将成为 21 世纪工业发展的关键技术之一。

表面镀覆技术是表面工程的重要组成部分,包括传统的电镀以及近几十年迅速发展起来的电刷镀技术、摩擦电喷镀技术、非金属刷镀技术、化学镀技术和复合镀技术等。随着科学技术的发展,尤其是纳米材料和纳米技术的发展,这些镀覆技术的内容将进一步扩展,镀覆层性能也将大幅度提高。

作者长期致力于现代表面镀覆技术的工艺实践和理论研究工作,并积极将最新研究成果应用于国民经济的各个领域,亲自主持承担了多项国家级重点项目镀覆工程,取得了较大的经济效益和社会效益。《现代表面镀覆技术》是作者几十年从事表面镀覆技术工作的整理和总结,全书力求理论与实践相结合,既阐述了现代表面镀覆技术的基本原理、关键工艺,又列举了大量应用实例。这些应用实例在已出版的表面工程技术书籍中是罕见的。应用实例对人们的启迪作用很强,对生产的指导意义更直接,从这些应用实例中既能加深对各种镀覆技术原理和应用范围的理解,又可进一步掌握操作要领,充分发挥这些镀覆技术的潜在功效,还可以启迪各行各业的新品制造者和旧品维修人员类比和联想自己遇到的表面工程技术问题,从中找出解决问题的办法,不断进行创新。

该书的出版定能对我国表面工程和再制造工程的发展和深化起到积极的推进作用。

中国工程院院士

中国机械工程学会副理事长

中国设备管理学会副会长

国家产学研设备工程开发推广中心主任

全军装备维修表面工程研究中心主任

装备再制造技术国防科技重点实验室主任

《中国表面工程》杂志编委会主任



前 言

现代表面镀覆技术是利用电化学或化学的方法在固体材料表面沉积一种或数种镀层,从而赋予工程设备或机械零部件表面各种特性,比如装饰防护、耐磨、减摩、耐蚀、抗高温氧化性或其他某种功能特性(电子屏蔽、吸波、反光、吸热、导电、导磁、阻尼等)。它是表面工程和再制造工程的重要组成部分,主要包括电镀、电刷镀、摩擦电喷镀、非金属电刷镀、化学镀、激光电镀、太阳能电镀、脉冲电镀、喷射电镀以及纳微米复合镀覆技术等。多年来,有关科研工作者和工厂技术人员结合机械、材料、摩擦学、流体力学、电子电力、纳米技术等相关学科的最新研究成果,对传统的电镀技术进行创新、交叉、复合、组合,不断进行工艺实践和理论探索,形成了门类众多、各具特色的现代表面镀覆技术,并在国民经济发展中获得了广泛的应用,取得了巨大的经济效益和社会效益,同时在工程应用和科研实践中也积累了丰富的经验。

为了使这些新兴的表面镀覆技术在更广泛的领域里得到推广和应用,更好地为经济建设服务,同时也为了促进这些技术今后更好地发展,我们将多年来的试验研究成果和实践经验进行了整理和总结,并吸收了国内外同行的许多宝贵经验,参考了许多文献资料,去粗取精,认真整理,编成此书。本书系统介绍了电刷镀技术、摩擦电喷镀技术、非金属刷镀技术、化学镀技术和纳微米复合镀覆技术等主要表面镀覆技术的原理、特点、用途、设备、材料和工艺,并提供了大量的生产应用实例,力求做到理论和实际相结合,突出实际操作技能。本书对厂矿企业从事这方面的具体操作者想必有一定的指导意义,同时也可供表面维修工程和机械装备再制造工程领域的技术人员和高等院校相关专业的师生阅读参考。

本书由梁志杰编著,参加试验研究和编写的人员有臧永华、曹勇、魏孝信、戴浙生、李文实、张化哲、黄燕滨、谢凤宽、张雷、朱敏、王正平、原津萍、乔玉林、梁秀兵、林允森、郝庆山、姚青奇、李力、陈庆昌、杨军伟、梁欣、刘存龙、孙磊、赵殿峰、许晓丽、张纾、张伟、周克兵、闫涛、王晓明等,本书最后由朱敏和曹勇负责录入和整理。

在本书的试验研究和编写过程中,始终得到了中国工程院徐滨士院士、刘世参、彭日辉教授以及朱绍华、马世宁、韩文政、温元和、胡仲翔教授的悉心指导,还得到了中国科学院上海有机化学研究所李基森、龚秀英研究员的热情帮助,北京航空航天大学朱立群教授在百忙之中对本书的编写给予了热情的指导和帮助。同时张平、朱胜、谭俊教授和董世运博士对本书的编写也提出了许多宝贵意见,在此一并感谢。

由于现代表面镀覆技术的发展日新月异,各种新设备、新工艺、新材料、新方法不断涌现,加之作者水平所限,书中错误和不足之处在所难免,恳请批评指正。

梁 志 杰

2004 年 10 月于北京

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 现代表面镀覆技术的涵义	1
1.2 现代表面镀覆技术的地位和作用	2
1.2.1 现代表面镀覆技术的地位	2
1.2.2 现代表面镀覆技术的作用	3
1.3 现代表面镀覆技术的种类	3
1.3.1 电镀技术	3
1.3.2 电刷镀技术	5
1.3.3 摩擦电喷镀技术	5
1.3.4 非金属刷镀技术	7
1.3.5 化学镀技术	7
1.3.6 复合镀技术	8
1.3.7 脉冲电镀	8
1.3.8 激光镀技术	9
1.3.9 表面镀覆技术与其他表面技术的交叉、复合	10
1.4 现代表面镀覆层的分类	10
1.4.1 按镀层功能分类	10
1.4.2 按镀层电化学性质分类	11
1.4.3 按镀层结构分类	12
1.5 现代表面镀覆技术工程设计	12
1.5.1 现代表面镀覆层工程设计的目的	12
1.5.2 镀覆层工程设计的程序	13
1.5.3 镀覆层工程设计的原则	14
1.5.4 镀覆层工程设计的方法	16
1.5.5 现代表面镀覆层结构与厚度的设计	17
1.6 现代表面镀覆技术的发展与展望	21
1.6.1 加强基础理论与测试技术的研究	21
1.6.2 发展复合镀及纳米复合镀技术	22
1.6.3 引入高新技术提升传统镀覆技术	22
1.6.4 积极推进绿色清洁生产	22
第 2 章 镀覆前表面预处理技术	23
2.1 概述	23

2.2 表面预处理方法和要求	24
2.2.1 表面预处理方法	24
2.2.2 表面预加工	24
2.2.3 预加工后的表面粗糙度要求及其测试方法	26
2.2.4 预处理后的表面清洁度要求及其测试方法	27
2.3 表面除油	29
2.3.1 油污的性质	29
2.3.2 除油方法	29
2.3.3 除油方法的选择	32
2.4 表面除锈	33
2.4.1 锈蚀的特征	33
2.4.2 锈蚀的分类	34
2.4.3 锈蚀的鉴别方法	36
2.4.4 常用的除锈方法	36
2.5 非镀表面的保护和遮蔽	38
第3章 电刷镀技术	40
3.1 电刷镀技术的发展历史	40
3.2 电刷镀技术的基本原理	41
3.3 电刷镀技术的特点与用途	42
3.3.1 电刷镀技术的特点	42
3.3.2 电刷镀技术的用途	42
3.4 电刷镀设备	43
3.4.1 电源	43
3.4.2 镀笔及阳极	50
3.4.3 辅助器具及材料	57
3.5 电刷镀溶液	58
3.5.1 表面预处理溶液	59
3.5.2 单金属镀液	62
3.5.3 合金镀溶液	78
3.5.4 溶液用量的估算	80
3.6 电刷镀工艺	81
3.6.1 概述	81
3.6.2 电刷镀的一般工艺过程	81
3.6.3 黑色金属材料上的电刷镀工艺	82
3.6.4 有色金属材料上的电刷镀工艺	88
3.6.5 其他金属材料上的电刷镀工艺	91
3.7 工艺参数的选择	92
3.7.1 电源设备输出参数的选择	92

3.7.2	石墨阳极散热孔结构的设计	93
3.7.3	镀笔与零件的相对运动速度	94
3.7.4	镀笔与零件间的运动方式和运动轨迹	95
3.7.5	温度的控制	97
3.7.6	镀液的选择	98
3.7.7	工艺规范的选择	100
3.8	电刷镀镀层的形貌与组织结构	104
3.8.1	电刷镀镀层的形貌	105
3.8.2	电刷镀镀层的组织结构	107
3.9	电刷镀镀层性能	112
3.9.1	镀层与基体的结合强度	112
3.9.2	镀层的硬度	114
3.9.3	镀层的相对耐磨性	116
3.9.4	镀层的内应力	118
3.9.5	镀层裂纹	121
3.10	电刷镀镀层与基体的结合	123
3.10.1	镀层的结合力	123
3.10.2	镀层结合的特点	124
3.10.3	镀层结合机理	124
3.10.4	镀层结合的影响因素	126
3.11	电刷镀镀层强化及再强化机理	128
3.11.1	电刷镀镀层的强化机理	128
3.11.2	镀层的再强化现象	129
3.12	电刷镀技术展望	129
3.12.1	提高抗接触疲劳性能	129
3.12.2	获得非晶态镀层组织	130
3.12.3	新型镀液	130
3.12.4	新型电源	131
3.12.5	提高机械化、信息化水平	131
3.12.6	与其他表面技术的交叉复合	131
第4章	摩擦电喷镀技术	133
4.1	概述	133
4.1.1	金属电沉积的步骤和稳态过程	133
4.1.2	金属电沉积过程受扩散步骤控制时的极化特征	133
4.1.3	提高金属电沉积速度的措施	134
4.1.4	摩擦电喷镀技术的发展历史	135
4.2	摩擦电喷镀技术的基本原理与特点	135
4.2.1	摩擦电喷镀技术的基本原理	135

4.2.2 摩擦电喷镀技术的特点	136
4.3 摩擦电喷镀电源	138
4.3.1 摩擦电喷镀技术对电源的要求	138
4.3.2 MD-100 型电源的电路原理及功能	141
4.3.3 电源技术指标	146
4.3.4 电源的使用说明	147
4.4 摩擦电喷镀装置	148
4.4.1 镀笔的结构与作用	148
4.4.2 阳极材料的选择	149
4.4.3 阳极的设计与制作	150
4.4.4 摩擦器的材料选择与制作	152
4.4.5 镀液供送装置	152
4.4.6 转台	153
4.5 摩擦电喷镀溶液	154
4.5.1 表面预处理溶液	154
4.5.2 镀底层与夹心层溶液	155
4.5.3 功能镀溶液	155
4.6 摩擦电喷镀工艺	171
4.6.1 喷镀前准备	171
4.6.2 摩擦电喷镀的基本工艺过程	175
4.6.3 典型材料上的摩擦电喷镀工艺	177
4.7 影响沉积速度与镀层质量的因素及控制措施	183
4.7.1 沉积速度及其影响因素	184
4.7.2 影响镀层质量的因素	185
第 5 章 非金属刷镀技术	188
5.1 概述	188
5.1.1 非金属刷镀技术的含义	188
5.1.2 非金属材料表面金属化的发展	188
5.1.3 非金属刷镀技术的特点	189
5.1.4 非金属刷镀技术的应用范围	190
5.1.5 非金属刷镀技术的基本工艺流程	191
5.1.6 非金属刷镀镀层的结合机理	191
5.2 非金属材料表面金属化工艺	194
5.2.1 除油	194
5.2.2 表面粗化	194
5.2.3 敏化	197
5.2.4 活化	198
5.2.5 化学镀	200

5.3 非金属刷镀设备	204
5.3.1 喷砂设备	204
5.3.2 抛光设备	205
5.3.3 化学处理设备	206
5.3.4 电刷镀设备	207
5.3.5 其他辅助设备	207
5.4 非金属刷镀溶液	209
5.4.1 除油溶液	209
5.4.2 粗化溶液	210
5.4.3 中和、还原与浸酸溶液	212
5.4.4 敏化溶液	212
5.4.5 活化溶液	213
5.4.6 还原和解胶溶液	217
5.4.7 化学镀溶液	218
5.4.8 刷镀溶液	226
5.4.9 表面着色溶液	227
5.5 水洗处理	228
5.5.1 水质的影响	229
5.5.2 水洗质量的要求	229
5.5.3 水洗方法	230
5.5.4 水洗效率	231
5.6 典型非金属材料的刷镀工艺	232
5.6.1 ABS 塑料刷镀工艺	232
5.6.2 聚丙烯塑料的刷镀工艺	233
5.6.3 聚四氟乙烯塑料的刷镀工艺	235
5.6.4 尼龙(聚酰胺)的刷镀工艺	237
5.6.5 聚碳酸酯塑料的刷镀工艺	239
5.6.6 聚甲醛刷镀的前处理工艺	239
5.6.7 其他热塑性塑料刷镀的前处理工艺	240
5.6.8 酚醛塑料的刷镀工艺	241
5.6.9 环氧树脂塑料的刷镀工艺	241
5.6.10 其他非金属材料的刷镀工艺	242
5.7 非金属刷镀层的缺陷与处理方法	244
5.7.1 表面处理和化学镀时易出现的缺陷	244
5.7.2 刷镀加厚层时易出现的缺陷	246
5.7.3 表面着色易出现的缺陷	246
5.8 非金属刷镀层性能检测	247
5.8.1 测量镀层厚度	247
5.8.2 镀层结合强度测试	249

5.8.3 镀层表面接触电阻的测定	250
5.8.4 测定镀层光亮度	251
5.9 非金属刷镀车间设计	252
5.9.1 车间位置选择	252
5.9.2 车间平面布置	252
5.9.3 车间的进排气及采暖	252
5.9.4 车间供电与上下水设施	253
5.9.5 工艺流程布置	253
第6章 化学镀技术	254
6.1 概述	254
6.1.1 化学镀的分类及特点	254
6.1.2 化学镀发展简史	256
6.2 化学镀镍机理	258
6.2.1 化学镀镍的热力学	258
6.2.2 化学镀镍的动力学	259
6.3 化学镀镍工艺	264
6.3.1 化学镀镍与基体材料	264
6.3.2 不同材料基体前处理工艺	266
6.3.3 施镀过程中的影响因素及操作事项	269
6.3.4 后处理要求	273
6.4 化学镀镍溶液的组成与维护	275
6.4.1 化学镀镍溶液的组成	275
6.4.2 化学镀镍溶液的维护	281
6.5 化学镀镍层的性能	285
6.5.1 耐腐蚀性能	285
6.5.2 硬度	287
6.5.3 磨损性能	288
6.5.4 结合强度	288
6.5.5 镀层的化学稳定性	289
6.5.6 组织结构	290
6.6 化学镀镍基多元合金	291
6.6.1 化学镀 Ni-Me-P 系三元合金	292
6.6.2 化学镀 Ni-Me-B 系三元合金	294
第7章 纳微米复合镀覆技术	295
7.1 纳微米复合镀覆技术概述	295
7.1.1 纳微米复合镀覆技术的研究与发展	295
7.1.2 纳微米复合镀覆技术的特点	296

7.1.3	纳微米复合镀覆技术及其镀层的分类	297
7.1.4	复合镀液的制备	298
7.1.5	纳微米复合镀覆技术的共沉积机理及模型	303
7.1.6	复合电沉积工艺	308
7.1.7	纳微米复合镀层的结合机理	311
7.1.8	纳微米复合镀覆技术的应用	313
7.2	纳微米复合电刷镀技术	315
7.2.1	纳微米复合电刷镀技术的特点	315
7.2.2	纳微米复合电刷镀技术的原理	316
7.2.3	纳微米复合电刷镀技术的工艺	316
7.2.4	纳微米复合电刷镀技术的沉积机理	319
7.2.5	纳微米复合电刷镀技术的镀层组织及性能	320
7.2.6	纳微米复合电刷镀技术的镀层强化机理	326
7.3	纳微米复合摩擦电喷镀技术	327
7.3.1	纳微米复合摩擦电喷镀技术的特点	327
7.3.2	纳微米复合摩擦电喷镀技术的工艺	329
7.3.3	纳微米复合摩擦电喷镀镀层组织及性能	331
7.3.4	纳微米复合摩擦电喷镀技术的沉积过程	333
7.3.5	纳微米复合摩擦电喷镀技术的强化机理	335
7.4	纳微米复合化学镀技术	337
7.4.1	纳微米复合化学镀技术的工艺	337
7.4.2	纳微米复合化学镀技术的镀层性能	337
7.4.3	化学镀 Ni-P-PTFE 共沉积机理	340
7.4.4	纳微米复合化学镀的应用	341
第 8 章	镀覆层的机械加工与后处理	344
8.1	镀覆层的机械加工	344
8.1.1	磨削加工	344
8.1.2	车削加工	346
8.1.3	刮削与研磨	346
8.1.4	镀覆层的抛光	347
8.2	镀覆层的光整强化	348
8.2.1	光整强化机理及特点	348
8.2.2	挤(滚)压装置的结构与参数设计	348
8.2.3	镀覆层的挤(滚)压强化试验	353
8.3	镀覆层的后处理	358
8.3.1	镀覆层后处理的目的及要求	358
8.3.2	镀覆层后处理的常用方法	358
8.3.3	几种常用镀覆层的后处理工艺	360

8.4 镀覆层的退除	364
8.4.1 镀覆层的退除方法	364
8.4.2 镀覆层退除方法的选择	364
第9章 镀覆层性能检测	369
9.1 镀覆层性能的检测内容	369
9.2 试件的制备	370
9.3 镀覆层性能的检测方法	370
9.3.1 外观检查	370
9.3.2 厚度的测定	371
9.3.3 结合强度的检测	374
9.3.4 孔隙率的测定	378
9.3.5 镀覆层硬度的测定	382
9.3.6 内应力的测定	383
9.3.7 耐磨性的测定	386
9.3.8 氢脆性的测定	388
9.3.9 耐腐蚀性测定	390
9.3.10 镀层密度的测定	392
9.3.11 镀层电阻率的测定	393
第10章 溶液性能的测定	395
10.1 溶液及其分类	395
10.2 溶液的成分	395
10.3 溶液的配制与保管	397
10.3.1 化学试剂的使用与保管	397
10.3.2 溶液的配制和物质的溶解	398
10.3.3 溶液的保管	399
10.4 溶液性能的测定方法	400
10.4.1 pH值的测定	400
10.4.2 金属离子含量的测定	401
10.4.3 密度的测定	402
10.4.4 电导率的测定	402
10.4.5 电流效率的测定	403
10.4.6 耗电系数的测定	404
10.4.7 极化曲线的测定	404
10.4.8 表面张力的测定	406
10.4.9 均镀能力的测定	408
10.4.10 深镀能力的测定	409
10.4.11 沉积速度的测定	409

10.4.12 老化性测定	410
10.5 废液的处理	410
10.5.1 废液的组成与特点	410
10.5.2 废液的处理方法	411
第 11 章 现代表面镀覆技术的应用	416
11.1 电刷镀技术的应用实例	416
11.1.1 特大型造纸烘缸的表面强化	416
11.1.2 炼钢炉筒的抗高温氧化	420
11.1.3 1500t 石墨电极挤压机的修复	423
11.1.4 应用电刷镀技术修复机床导轨损伤	430
11.1.5 电刷镀技术在大修德国进口 DKZ6300 双柱立式车床中的应用	437
11.1.6 用电刷镀技术修复橡胶压延机轧辊	441
11.1.7 电刷镀技术在修复和强化模具中的应用	443
11.1.8 电刷镀修复矩形花键	445
11.1.9 用电刷镀技术修复铸铝箱体的配合磨损	447
11.1.10 曲轴的电刷镀修复工艺	448
11.1.11 新轴瓦的电刷镀强化处理	449
11.1.12 电刷镀修复超声波换能器辐射层	450
11.1.13 飞机 30CrMnSiA 钢件的电刷镀修复工艺	451
11.1.14 滚动轴承刷镀修复工艺	452
11.1.15 航空仪表及电气插拔元件电刷镀镀新工艺	453
11.1.16 不锈钢导管的电刷镀工艺	455
11.1.17 电刷镀技术在电力行业的应用	456
11.1.18 电刷镀快速修复飞机硬铝合金构件表面划伤	456
11.1.19 电刷镀技术在柴油机机座修复中的应用	457
11.1.20 电刷镀技术在修复汽车发动机缸体新品上的应用	460
11.1.21 电刷镀技术修复汽车零件浅谈	464
11.1.22 复膜辊的电刷镀修复	465
11.1.23 电刷镀修复液压缸体内壁实例	467
11.1.24 用脉冲电刷镀修复 $\phi 400$ 轧机人字齿轮	468
11.1.25 空气滤芯器壳体注塑模具电刷镀修复研究	469
11.1.26 电刷镀技术在氧化锌电阻片成型模具修复中的应用	471
11.1.27 复合刷镀金刚石砂轮及制品的工艺试验研究	474
11.1.28 复合刷镀金刚石砂轮制品新技术及其应用	477
11.1.29 大面积刷镀金的重要实践	480
11.1.30 用电刷镀复合镀技术修复金属切削机床导轨	482
11.1.31 大面积刷镀银在国家重点工程中的应用	484
11.1.32 纳米复合电刷镀技术修复履带车辆侧减速器主动轴的轴头磨损	486

11.1.33	纳米复合电刷镀技术修复和强化舰船的关键零部件	487
11.1.34	纳米复合电刷镀技术修复飞机发动机的压气机涡轮叶片	487
11.1.35	纳米复合电刷镀技术修复注塑模	488
11.1.36	电刷镀纳米复合镀层在轧辊修复上应用的可行性分析	490
11.1.37	纳米电刷镀技术在发动机气阀导管孔修理中的应用	491
11.1.38	DXZHL-59 车辆零件表面修复方法探究	492
11.2	摩擦电喷镀技术的应用实例	495
11.2.1	应用摩擦电喷镀修复 175kW 电机转子	495
11.2.2	喷镀修复连铸机转轴	497
11.2.3	液压圆柱活塞的喷镀修复工艺	498
11.2.4	应用摩擦电喷镀修复进口起重机液压泵体	499
11.2.5	水泥除尘机轮的喷镀修复工艺	500
11.2.6	摩擦电喷镀修复曲轴磨损	500
11.2.7	应用摩擦电喷镀技术现场修复大型发电机励磁机整流子	501
11.3	化学镀技术的应用实例	503
11.3.1	钢领化学镀 Ni-P-PTFE 工艺实践	505
11.3.2	复合镀层 Ni-P-PTFE 在 UPVC 管件模具上的应用	507
11.3.3	含 PTFE 复合镀层在塑料模具上的应用	508
11.3.4	化学镀镍在造纸机械中的应用	509
附录		511
附录 1	常用金属电刷镀通用技术条件(TB1756—86)	511
附录 2	部分金属离子常用配位剂	515
附录 3	碱、空气和水对金属的作用	516
附录 4	酸类对金属的影响	517
附录 5	1 μ m 厚镀层的质量	517
附录 6	单一镀层的安全厚度及工艺厚度	518
附录 7	电刷镀电源标准(Q/DSDDY—86, 试行稿)	518
附录 8	部分金属的密度	522
附录 9	硬度换算表	523
附录 10	电刷镀溶液生产及质量检验标准(Q/DSDRY—86)	526
附录 11	电刷镀技术修复机械零件质量检验标准(Q/DSDDC—86, 暂行草案)	527
附录 12	电刷镀操作记录卡	529
附录 13	各种废水最高容许排放浓度	530
附录 14	常用金属材料简易鉴别法	530
附录 15	阳极规格与适用的镀笔杆型号	530
附录 16	电源设备规格	532
附录 17	电刷镀附件规格	532
附录 18	石墨阳极规格	533

附录 19	常用电沉积金属的电化当量和有关数据	533
附录 20	有关电刷镀的计算	534
附录 21	常用电刷镀工件的各种几何形状表面积计算公式	536
附录 22	DSD-15/30-Q、DSD-75/100-S、DSD-150/200-S 电刷镀电源使用说明	538
附录 23	国产系列刷镀溶液的性质及主要工艺参数	548
参考文献		553

第 1 章 概 论

1.1 现代表面镀覆技术的涵义

现代表面镀覆技术是在传统镀覆技术的基础上,应用材料科学、机械学、电子学、物理学、流体力学、电化学、摩擦学以及纳米材料学等学科的原理、方法及其最新成就综合发展起来的新型镀覆技术。它研究固体材料表面、界面特征、性能、改性工艺过程和方法。其目的是利用各种物理、化学、机械的工艺过程在基材表面沉积一层或几层金属覆盖层,从而优化材料表面,赋予原基体某些新性能或提升原基体的某些性能,达到特定使用条件对产品表面性能的要求,如获得高装饰性、耐腐蚀、抗高温氧化、减摩、耐磨、抗接触疲劳以及反光、吸热、导电、导磁、抗阻尼等多种表面特殊功能的目的。

现代表面镀覆技术同其他表面涂层技术相比有其特殊的优点,具体见表 1-1。

表 1-1 几种表面涂镀覆技术比较

内容	电刷镀	摩擦电喷镀	非金属刷镀	化学镀	电镀法	热喷涂法	焊接法	粘接粘涂
尺寸	无限制	无限制	无限制	受槽镀槽尺寸的限制	受槽镀槽尺寸的限制	手工操作时,无限制,机械操作时受装置的限制	无限制	无限制
几何形状	无限制	需较为规则	无限制	适合异形零部件	范围广	通常只适用于简单形状	对小孔焊接有困难	范围广
零件材料	导电物	导电物	塑料	无限制	导电物	几乎不受限制	金属	无限制
表面材料	金属	金属	非金属	无限制	金属、简单合金	几乎不受限制	金属	无限制
厚度/mm	≤0.3	≤2	≤0.1	≤0.05	≤1	1~25	≤25	范围大
孔隙率	9点/m ² ~15点/m ²	5点/m ²	较少	无	无	1%~25%	无	无
结合强度	冲击法 60kg	锉削试验时无脱落		弯曲试验时无脱落	冲击法 60kg	20Mpa~90Mpa	高	热粘 20Mpa~40Mpa 冷粘 10Mpa~20Mpa
热输入	无	无	无	低	无	低	通常很高	无
对基体影响	无	无	无	无	无	较大	较大	无
预处理	电净、活化、二次活化	电净、活化、二次活化	粗化、敏化、活化	脱脂、除油、活化	清洗、刻蚀、除垢	喷砂	机械清洁	清洁、粗糙、活化